

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-190979

(43)Date of publication of application : 05.07.2002

(51)Int.Cl.

H04N 5/228

G03B 7/20

G03B 19/02

G06T 3/00

// H04N101:00

(21)Application number : 2000-386835

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 20.12.2000

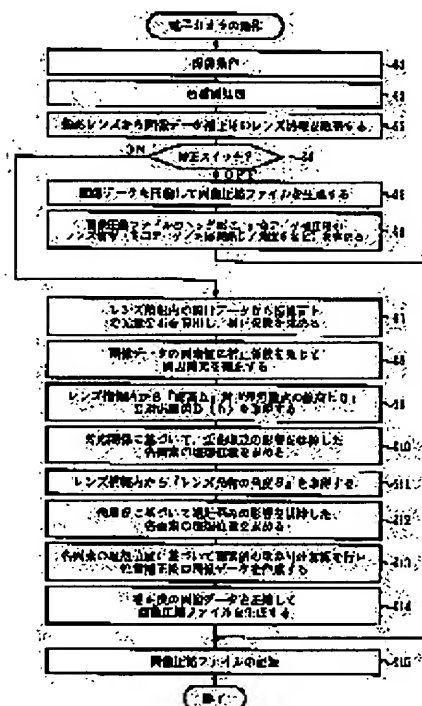
(72)Inventor : KUNIBA HIDEYASU

## (54) ELECTRONIC CAMERA, AND RECORDING MEDIUM OF IMAGE PROCESSING PROGRAM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an electronic camera (or an image processing program) in which correction processing of image data caused by an imaging lens is performed automatically.

SOLUTION: The electronic camera comprises an imaging section generating image data by picking up the image of an object being formed on the imaging plane through an imaging lens, and a correcting section for correcting limb darkening of the imaging lens, or the like, based on the lens information concerning limb darkening of the imaging lens.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-190979  
(P2002-190979A)

(43) 公開日 平成14年7月5日 (2002.7.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H04N 5/228		H04N 5/228	Z 2H002
G03B 7/20		G03B 7/20	2H054
19/02		19/02	5B057
G06T 3/00	200	G06T 3/00	200 5C022
// H04N 101:00		H04N 101:00	
審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全11頁)			

(21) 出願番号 特願2000-386835 (P2000-386835)

(22) 出願日 平成12年12月20日 (2000.12.20)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 国場 英康

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

Fターム(参考) 2H002 EB11 EB13

2H054 AA01 BB11

5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01

CB08 CB12 CB16 CC01 CD12

CE16 CH11 CH18

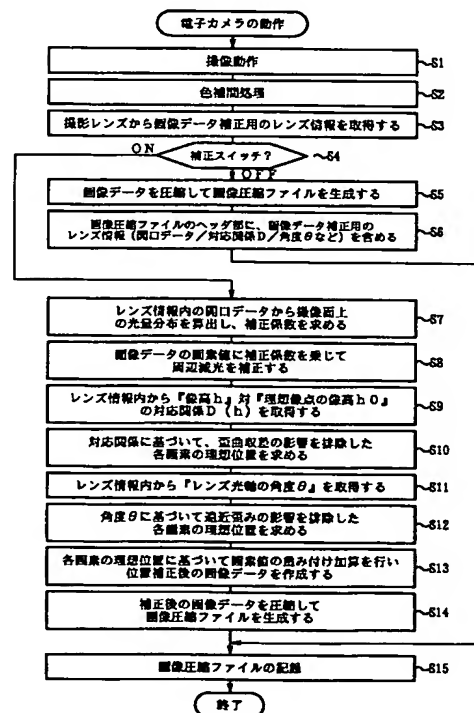
5C022 AA13 AB68 AC54 AC69

(54) 【発明の名称】 電子カメラ、および画像処理プログラムの記録媒体

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、電子カメラ（または画像処理プログラム）に関し、撮影レンズに起因する画像データの補正処理を自動的に行うことを目的とする。

【解決手段】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、画像データの周辺減光などを補正する補正部とを備えて、電子カメラを構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、

前記撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、前記画像データの周辺減光を補正する補正部とを備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電子カメラにおいて、前記レンズ情報は、前記撮影レンズに光学的に形成される複数の瞳の位置および径に関する開口データであり、前記補正部は、前記開口データに基づいて、前記複数の瞳を介して前記撮像面に到達する光量分布を算出し、前記光量分布をうち消す方向へ前記画像データの輝度分布を補正することを特徴とする電子カメラ。

【請求項 3】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、

前記撮影レンズの歪曲収差に関するレンズ情報に基づいて、前記画像データの歪曲収差を補正する補正部とを備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の電子カメラにおいて、前記レンズ情報は、「前記撮影レンズの像高  $h$ 」と「理想像点の像高  $h_0$ 」との対応関係であり、前記補正部は、前記対応関係に基づいて前記像高  $h$  が前記像高  $h_0$  に略一致する方向に、前記画像データの画素位置を位置補正することを特徴とする電子カメラ。

【請求項 5】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、

前記撮影レンズの遠近歪みに関するレンズ情報に基づいて、前記画像データの遠近歪みを補正する補正部とを備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の電子カメラにおいて、前記レンズ情報は、撮影時のレンズ光軸の角度に関するレンズ情報であり、

前記補正部は、前記レンズ光軸の角度に基づいて、前記画像データに生じる遠近歪みをうち消す方向に前記画像データの画素位置を位置補正することを特徴とする電子カメラ。

【請求項 7】 請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の電子カメラにおいて、前記補正部による前記画像データの補正処理を禁止する補正禁止用の操作部材を備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 8】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、

前記撮影レンズの周辺減光、歪曲収差、および遠近歪みの少なくとも一つに関するレンズ情報と、前記撮像部で生成された画像データとを併せて画像ファイルを生成す

るファイル生成部とを備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 9】 請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電子カメラにおいて、

前記撮影レンズは、交換可能なレンズであり、前記電子カメラに装着された前記撮影レンズと情報通信を行って、前記レンズ情報を前記撮影レンズ側から取得する情報取得部を備えたことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 10】 撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、

前記画像データに対して、周辺減光補正、歪曲収差補正、倍率色収差補正、および遠近歪み補正の内の少なくとも 2 つを施す補正部とを備え、

前記補正部は、前記画像データに施す補正を、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、倍率色収差補正、③遠近歪み補正の優先順位で行うことを特徴とする電子カメラ。

【請求項 11】 コンピュータを、画像ファイルから画像データを読み出す画像データ取得部と、

前記画像ファイルから、周辺減光、歪曲収差、および遠近歪みの少なくとも一つに関するレンズ情報を読み出す情報取得部と、

前記画像ファイルから取得した前記レンズ情報に基づいて、前記画像データを補正する補正部として機能させるための画像処理プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被写体像を撮像して画像データを生成する電子カメラに関する。本発明は、画像データに画像処理を施すための画像処理プログラムおよびその記録媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、電子カメラで撮影した画像データを、コンピュータ上において画像処理することがよく行われている。このような画像処理プログラムでは、

- ・歪曲収差補正
- ・周辺減光補正
- ・色ずれ補正
- ・遠近歪み補正

などの撮影レンズに起因する不具合の補正処理も可能であった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような従来の画像処理プログラムでは、ユーザーが補正処理の項目を選択した上で、補正量を逐一調整する必要があった。そのため、ユーザーは画像データ一つ一つについて適正な補正量を逐一決定しなければならず、手間がかかるという問題点があった。特に、大量の撮影済みの画像

データを処理する場合、撮影時に使用した撮影レンズの種類によって補正量や補正項目が多岐にわたるため、面倒な作業になるという問題点があった。

【0004】また、従来の画像処理プログラムでは、ユーザーが補正処理の順序を自由に決定する。そのため、補正処理が不適切な順序で行われるおそれがあった。もし、不適切な順序で複数の補正がなされた場合、画像に修復不可能な複雑な歪みを与えてしまうなどの問題点があった。そこで、本発明の目的は、画像データの補正量を適正に決定する電子カメラを提供することである。また、本発明の他の目的は、画像データの補正量を適正に決定する画像処理プログラムおよびその記録媒体を提供することである。また、本発明の他の目的は、画像データの補正処理の順序を適正に決定することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するため、各請求項の発明は下記のように構成される。

【0006】《請求項1》請求項1に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、画像データの周辺減光を補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

【0007】《請求項2》請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電子カメラにおいて、レンズ情報は、撮影レンズに光学的に形成される複数の瞳の位置および径に関する開口データであり、補正部は、開口データに基づいて、複数の瞳を介して撮像面に到達する光量分布を算出し、光量分布をうち消す方向へ画像データの輝度分布を補正することを特徴とする。

【0008】《請求項3》請求項3に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの歪曲収差に関するレンズ情報に基づいて、画像データの歪曲収差を補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

【0009】《請求項4》請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の電子カメラにおいて、レンズ情報は、

「撮影レンズの像高 $h$ 」と「理想像点の像高 $h_0$ 」との対応関係であり、補正部は、対応関係に基づいて像高 $h$ が像高 $h_0$ に略一致する方向に、画像データの画素位置を位置補正することを特徴とする。

【0010】《請求項5》請求項5に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの遠近歪みに関するレンズ情報に基づいて、画像データの遠近歪みを補正する補正部とを備えたことを特徴とする。

【0011】《請求項6》請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の電子カメラにおいて、レンズ情報は、撮影時のレンズ光軸の角度に関するレンズ情報であり、補正部は、レンズ光軸の角度に基づいて、画像データに生じる遠近歪みをうち消す方向に画像データの画素位置を

位置補正することを特徴とする。

【0012】《請求項7》請求項7に記載の発明は、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、補正部による画像データの補正処理を禁止する補正禁止用の操作部材を備えたことを特徴とする。

【0013】《請求項8》請求項8に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、撮影レンズの周辺減光、歪曲収差、および遠近歪みの少なくとも一つに関するレンズ情報と、撮像部で生成された画像データとを併せて画像ファイルを生成するファイル生成部とを備えたことを特徴とする。

【0014】《請求項9》請求項9に記載の発明は、請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の電子カメラにおいて、撮影レンズは、交換可能なレンズであり、電子カメラに装着された撮影レンズと情報通信を行って、レンズ情報を撮影レンズ側から取得する情報取得部を備えたことを特徴とする。

【0015】《請求項10》請求項10に記載の発明は、撮影レンズを介して撮像面上に形成される被写体像を撮像して、画像データを生成する撮像部と、画像データに対して、周辺減光補正、歪曲収差補正、倍率色収差補正、および遠近歪み補正の内の少なくとも2つを施す補正部とを備え、補正部は、画像データに施す補正を、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、倍率色収差補正、③遠近歪み補正の優先順位で行うことを特徴とする。

【0016】《請求項11》請求項11に記載の記録媒体には、コンピュータを、画像ファイルから画像データを読み出す画像データ取得部と、画像ファイルから、周辺減光、歪曲収差、倍率色収差、および遠近歪みの少なくとも一つに関するレンズ情報を読み出す情報取得部と、画像ファイルから取得したレンズ情報に基づいて、画像データを補正する補正部として機能させるための画像処理プログラムが記録される。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて、請求項1～11にかかる実施形態を説明する。図1は、電子カメラ11およびコンピュータ31を示す図である。図1において、電子カメラ11には、交換可能な撮影レンズ12が装着される。この撮影レンズ12には、レンズ情報等を記憶するレンズ内メモリ12a、およびレンズ内のシステム制御を行うレンズ内MPU12bが内蔵される。一方、撮影レンズ12の像空間には、撮像素子13の撮像面が配置される。撮像素子13の出力は、A/D変換部14および信号処理部15を介して、バス16に接続される。

【0018】このバス16には、下記の構成が接続される。

①システム制御用のカメラ内MPU (Micro Processor Unit) 17

- ②画像データなどを記憶するためのメモリ 16 a
- ③画像データに補正処理を施す画像補正部 18
- ④画像データを圧縮する画像圧縮部 19
- ⑤メモリカード 21 の記録処理および再生処理を行う記録再生部 20

⑥外部のコンピュータ 31 との間でデータのやり取りするための外部インターフェース 22

なお、カメラ内 MPU 17 は、レンズマウント部に設けられたレンズ通信接点 12 c を介して、レンズ内 MPU 12 b とデータ通信を行う。また、電子カメラ 11 には、補正処理のオン/オフ設定を行うための補正スイッチ 17 a が設けられる。この補正スイッチ 17 a のスイッチ出力は、カメラ内 MPU 17 に入力される。

【0019】[本発明との対応関係] 以下、上述した本実施形態の構成と本発明との対応関係について説明する。なお、ここでの対応関係は、参考のために一解釈を例示するものであり、本発明を徒らに限定するものではない。

【0020】請求項 1～6 の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮像部は撮像素子 13 に対応し、補正部は画像補正部 18 に対応する。請求項 7 の記載事項と本実施形態との対応関係については、操作部材は補正スイッチ 17 a に対応する。請求項 8 の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮像部は撮像素子 13 に対応し、ファイル生成部は画像圧縮部 19 および記録再生部 20 に対応する。請求項 9 の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮影レンズは撮影レンズ 12 に対応し、情報取得部はカメラ内 MPU 17 に対応する。請求項 10 の記載事項と本実施形態との対応関係については、撮像部は撮像素子 13 に対応し、補正部は画像補正部 18 に対応する。請求項 11 の記載事項と本実施形態との対応関係については、コンピュータはコンピュータ 31 に対応し、記録媒体は、図 1 に示す記録媒体 32、またはコンピュータ 31 内のハードディスクもしくはシステムメモリに対応する。

【0021】[電子カメラ 11 の動作説明] 図 2 は、電子カメラ 11 の動作を説明する流れ図である。以下、図 2 に示すステップ番号の順番に、電子カメラ 11 の動作を説明する。

【0022】ステップ S1： 電子カメラ 11 のリリース鉤（不図示）の操作に応じて、カメラ内 MPU 17 は、撮像素子 13 および撮影レンズ 12 を制御して、撮像動作を行う。この撮像動作により、撮像素子 13 からは、画像データが順次出力される。この画像データは、A/D 変換部 14 を介してデジタル化された後、信号処理部 15 に与えられる。信号処理部 15 は、この画像データに対して、ガンマ補正、黒レベル補正などをリアルタイムに施した後、処理後の画像データをメモリ 16 a に一旦蓄積する。

【0023】ステップ S2： 信号処理部 15 は、このメモリ 16 a 内の画像データに対して色補間処理を逐一施し、RGB の色成分が全画素揃った画像データを生成する。

【0024】ステップ S3： カメラ内 MPU 17 は、撮影レンズ 12 側のレンズ内 MPU 12 b と通信を行い、画像データの補正処理に使用するレンズ情報を取得する。このレンズ情報は、下記のようなデータ群から構成される。

- ①撮像時の開口データ
- ②撮像時の歪曲収差に関するデータテーブル D (h)
- ③撮像時の光軸角度  $\theta$
- ④撮像時の焦点距離  $f$
- ⑤撮像時のレンズ位置から求めた被写体距離  $s_1$  (被写体のピント面から撮影レンズ 12 の前側主点までの距離)

【0025】ステップ S4： ここで、カメラ内 MPU 17 は、補正スイッチ 17 a のスイッチ状態を判定する。もしも補正スイッチ 17 a がオフ状態の場合、カメラ内 MPU 17 はステップ S5 に動作を移行する。一方、補正スイッチ 17 a がオン状態の場合、ステップ S7 に動作を移行する。

【0026】ステップ S5： 画像圧縮部 19 は、画像データを画像圧縮して、画像圧縮ファイルを生成する。

【0027】ステップ S6： 記録再生部 20 は、ステップ S3 で得たレンズ情報を、この画像圧縮ファイルのヘッダ部に格納する。このような動作の後、カメラ内 MPU 17 は、後述する画像データの補正処理を省略して、ステップ S15 に動作を移行する。

【0028】ステップ S7： 画像補正部 18 は、ステップ S3 で得たレンズ情報の中から、開口データを取得する。この開口データは、撮影レンズ 12 に光学的に形成される複数の瞳（像空間側から見える「絞り」や「鏡筒内壁」や「レンズ枠」などの開口像）の位置および径に関する情報である。画像補正部 18 は、この複数の瞳を順番に通過して、撮像面に到達する光量分布を算出し、その光量分布の変化をうち消す補正係数を算出して、補正テーブルを作成する。

【0029】以下、この開口データの計算処理の考え方について説明する。図 3 は、撮像素子 13 の撮像面と、2 つの瞳 A1、A2 との位置関係を模式的に示す図である。図 3 では、半径  $r_1$  の瞳 A1 が、撮像面から距離  $D_1$  だけ離れて配置される。また、半径  $r_2$  の瞳 A2 が、撮像面から距離  $D_2$  だけ離れて配置される。この内、一番外側の瞳 A2 上の座標  $(x_2, y_2)$  に微小面積  $ds$  を考える。この微小面積  $ds$  を輝度  $I_0$  の完全拡散面とする。この場合、この微小面積  $ds$  から撮像面上の画素位置  $(x, y)$  に到達する明るさ  $da(x, y)$  は、

【数 1】

7

8

$$da(x,y) = \frac{I_0 ds}{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2} \left( \frac{D_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2}} \right)^2$$

$$= \frac{I_0 D_2^2 ds}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} \quad \dots \text{【式 1】}$$

となる。しかしながら、この瞳 A 2 から出発した光が、全て撮像面に到達する訳ではない。例えば、図 3 中に示す微小面積  $ds'$  から出発した光は、途中の瞳 A 1 によって遮られるため、撮像面上の画素位置  $(x,y)$  には到達しない。そこで、瞳 A 2 の座標  $(x_2, y_2)$  と撮像面の画素位置  $(x,y)$  とを結ぶ線分が、瞳 A 1 と交わる座標  $(x_1, y_1)$  を求めると、

【数 2】

$$\begin{cases} x_1 = x + \frac{D_1}{D_2}(x_2 - x) \\ y_1 = y + \frac{D_1}{D_2}(y_2 - y) \end{cases} \quad \dots \text{【式 2】}$$

となる。以上の式から、撮像面上の画素位置  $(x,y)$  の明るさ  $a(x,y)$  は、

【数 3】

$$a(x,y) = \int_{(x_2, y_2) \in A_2 \text{ and } (x_1, y_1) \in A_1} \frac{I_0 D_2^2}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} dx_2 dy_2$$

$$\dots \text{【式 3】}$$

となる。なお、上式中の積分範囲の制限条件は、瞳の数だけ用意する。撮像素子 1 3 の感度が略均等であれば、上記の明るさ  $a(x,y)$  が、撮像素子 1 3 に光電変換される光量分布となる。そこで、画像補正部 1 8 は、この【式 3】を解析的手法や数値的手法により計算し、複数の代表点  $(x,y)$  における明るさ  $a(x,y)$  を求める。(なお、撮影レンズ 1 2 が矩形開口を内蔵するなどの特殊な事情がない限り、上記の明るさ  $a(x,y)$  は光軸対称となる。そこで、上記の代表点としては、像高を変えて数〜数十点とればよい。また、このように求めた代表点の明るさ  $a(x,y)$  に、撮像素子 1 3 および信号処理部 1 5 の非線形な階調変換特性を加味することにより、画像データに実際に現れる光量分布を求めることが更に好ましい。)

画像補正部 1 8 は、このように求めた代表点の光量分布を補間して、画素単位の補正に必要な刻みにする。画像補正部 1 8 は、この光量分布の逆数を算出して、周辺減光の補正係数を求めて補正テーブルを作成する。

【0030】次に、撮像素子 1 3 の方向別感度が略均等でない場合について説明する。この場合は、撮像素子 1 3 の画素位置  $(x,y)$  における方向別感度  $S_{xy}(\epsilon, \Phi)$  の値が予め実測済みであり、画像補正部 1 8 内にデータテーブルとして格納されている。なお、 $\epsilon, \Phi$  は光の入射角度であり、図 4 に示すように定義付けられる。この入射角度  $\epsilon, \Phi$  は、【式 1】中の変数と次のような関係を有する。

【数 4】

$$\begin{cases} \epsilon = \cos^{-1} \left( \frac{D_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2}} \right) \\ \Phi = \cos^{-1} \left( \frac{y-y_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} \right) \end{cases} \quad \dots \text{【式 4】}$$

このような方向別感度  $S_{xy}(\epsilon, \Phi)$  を考慮することにより、撮像面上の画素位置  $(x,y)$  の明るさ  $a(x,y)$  は、

【数 5】

$$a(x,y) = \int_{(x_2, y_2) \in A_2 \text{ and } (x_1, y_1) \in A_1} \frac{S_{xy}(\epsilon, \Phi) I_0 D_2^2}{((x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + D_2^2)^2} dx_2 dy_2$$

$$\dots \text{【式 5】}$$

となる。この明るさ  $a(x,y)$  が、撮像素子 1 3 に光電変換される光量分布となる。そこで、画像補正部 1 8 は、この【式 5】を解析的手法や数値的手法により計算し、複数の代表点  $(x,y)$  における明るさ  $a(x,y)$  を求める。(なお、このように求めた代表点の明るさ  $a(x,y)$  に、撮像素子 1 3 および信号処理部 1 5 の非線形な階調変換特性を加味することにより、画像データに実際に現れる光量分

布を求めることが更に好ましい。)

画像補正部 1 8 は、このように求めた代表点の光量分布を補間して、画素単位の補正に必要な刻みにする。画像補正部 1 8 は、この光量分布の逆数を算出して、周辺減光の補正係数を求めて補正テーブルを作成する。以上の一連の計算方法により、周辺減光の補正テーブルを得ることが可能になる。

【0031】ステップS8： 画像補正部18は、上記のように求めた補正テーブルを画像データの画素位置に基づいて参照して、補正係数を順次を得る。画像補正部18は、この補正係数を画像データの該当する画素位置の画素値に乘じる。その結果、画像データの周辺減光が補正される。

【0032】ステップS9： 画像補正部18は、ステップS3で得たレンズ情報の中から、歪曲収差に関するデータテーブルD(h)を取得する。このデータテーブルD(h)は、像高hと理想像点の像高h0とから次のように定義される。

$$D(h) = (h - h_0) / h_0$$

図5は、歪曲収差の見え方とデータテーブルD(h)との関係を示した図である。なお、撮影レンズ12内のレンズ内メモリ12aには、このようなデータテーブルD(h)が、焦点距離および撮影距離（被写体のピント面から撮像面までの距離）毎に予め格納されている。レンズ内MPU12bは、このメモリ内から、撮影時の焦点距離および撮影距離に合ったデータテーブルD(h)を読み出し、カメラ内MPU17にレンズ情報として伝達する。

【0033】ステップS10： 画像補正部18は、画像データの各画素位置(x,y)の像高hを、

$$h = \sqrt{(x - xc)^2 + (y - yc)^2} \quad \dots \text{【式6】}$$

【ただし、(xc,yc)は光軸中心の画素位置】

を用いて求める。画像補正部18は、この像高hとデータテーブルD(h)とに基づいて、

$$\begin{cases} x' = \frac{x}{1 + D(h)} \\ y' = \frac{y}{1 + D(h)} \end{cases} \quad \dots \text{【式7】}$$

を算出し、歪曲収差の影響を排除した理想位置(x',y')を画素単位に求める。

【0034】ステップS11： 画像補正部18は、ステップS3で得たレンズ情報の中から、撮影時のレンズ光軸の角度θを取得する。

【0035】ステップS12： 図6は、遠近歪み（遠近差に起因する歪み）の発生状況を説明する図である。図6Aは、いわゆるシフトレンズを使用したアオリ撮影の状態である。この場合、被写体と撮像面が平行関係に維持されるため、被写体像に遠近歪みは生じない。一方、図6Bは、通常の撮影レンズ12を使用して、被写体を見上げるように撮影している状態である。この場合、被写体と撮像面の平行関係が崩れるため、被写体像に遠近歪みが発生する。図7は、図6Bの状態を側方から見た図である。この場合、h1'の画素位置(x',y')

を、h0'の画素位置(x1',y1')に移動することにより、遠近歪みの影響を排除することができる。この画素位置(x1',y1')は、

$$\begin{cases} x1' = x' \cdot \frac{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} \cos \theta}{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} \cos \theta - y' \sin \theta} \\ y1' = \frac{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} y'}{\frac{s1 \cdot f}{s1 - f} \cos \theta - y' \sin \theta} \end{cases} \quad \dots \text{【式8】}$$

【ただし、fは焦点距離であり、s1は被写体距離である】

なお、風景写真のようにs1 ≫ fの場合は、

$$\begin{cases} x1' = \frac{x' \cdot f \cos \theta}{f \cos \theta - y' \sin \theta} \\ y1' = \frac{f \cdot y'}{f \cos \theta - y' \sin \theta} \end{cases} \quad \dots \text{【式9】}$$

に近似することができる。そこで、画像補正部18は、【式8】もしくは【式9】に、ステップS10で求めた理想位置(x',y')を代入し、遠近歪みの影響を排除した理想位置(x1',y1')を画素単位に求める。

【0036】ステップS13： 画像補正部18は、各画素の理想位置(x1',y1')に基づいて、画素値の再配置を行う。このとき、各画素の理想位置(x1',y1')は必ずしも等間隔にならない。そこで、画像補正部18は、等間隔の升目に区切った新しい画素位置を用意し、その新画素位置の画素値を、近傍の理想位置(x1',y1')の画素値の重み付け加算（補間処理）により決定する。このような補正処理（S7～S13）により、周辺減光、歪曲収差および遠近歪みの影響を排除した画像データが生成される。

【0037】ステップS14： 画像圧縮部19は、補正処理後の画像データを画像圧縮して、画像圧縮ファイルを生成する。

【0038】ステップS15： 記録再生部20は、画像圧縮ファイルをメモ리카ード21に記録する。以上の一連の動作により、電子カメラ11の動作が完了する。

【0039】【画像処理プログラムの説明】図8は、コンピュータ31によって実行される画像処理プログラムを説明する流れ図である。以下、図8のステップ番号に従って、画像処理プログラムの説明を行う。

【0040】ステップS31： コンピュータ31は、画像圧縮ファイルを伸張して画像データに戻す。

【0041】ステップS32： コンピュータ31は、画像圧縮ファイルのヘッダ部に、画像データ補正用のレ



レンズ情報（上記のステップS 6で格納されたもの）が存在するか否かを判定する。ここで、レンズ情報が存在しない場合、コンピュータ31は、補正処理を行わずに、動作を終了する。一方、レンズ情報が存在した場合、コンピュータ31は、ステップS 37に動作を移行する。

【0042】ステップS 33～S 39： コンピュータ31は、画像圧縮ファイルから取得したレンズ情報に基づいて、上述したステップS 7～S 13と同一の補正処理を行う。なお、詳細な説明については、ステップS 7～S 13の上記説明を参照することとし、ここでの説明を省略する。

【0043】以上の一連の動作により、電子カメラ11で補正処理を行わなかった圧縮画像ファイルに対して、コンピュータ31側で補正処理が自動的に実施される。

【0044】〔本実施形態の効果など〕本実施形態では、開口データに基づいて撮影レンズの口径蝕およびコサイン4乗則の影響を考慮した正確な光量分布を算出する。したがって、周辺減光を正確に補正することが可能になる。

【0045】また、本実施形態では、歪曲収差のテーブルデータD（h）に基づいて、歪曲収差補正を行う。したがって、樽型や糸巻き型のような単純な歪曲に限らず、陣笠型などの複雑な歪曲についても確実に補正することが可能になる。

【0046】さらに、本実施形態では、遠近歪みを補正する。したがって、シフトレンズなどの特殊レンズを使用することなく、遠近歪みのない画像データを簡易に得ることが可能になる。

【0047】また、電子カメラ11では補正スイッチ17aにより補正処理を禁止することができる。この場合、電子カメラ11は、画像データ補正用のレンズ情報を、画像圧縮ファイルに記録する。したがって、電子カメラ11側では、画像データの補正処理に時間を消費することなく、撮像動作を迅速に実施することが可能になる。一方、コンピュータ31側では、補正未処理の圧縮画像ファイルに対して、ファイル内のレンズ情報に基づく補正処理を実施する。したがって、コンピュータ31側では、ユーザーが補正量を特に指示入力するなどの手間がかからず、簡単かつ適正に補正処理を実施することが可能になる。

【0048】さらに、電子カメラ11は、装着中の撮影レンズ12からレンズ情報を取得する。したがって、電子カメラ11は、多種多様な交換レンズに柔軟に対応して、画像データを常に適正に補正することが可能になる。

【0049】また、本実施形態では、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、③遠近歪み補正の優先順位に従って、補正処理を行う。この場合、画素位置の位置補正によって周辺減光の形状が歪んだり、遠近歪みの補正によって歪曲収差が複雑に歪むなどの不具合を避けることが可能

になる。

【0050】さらに、本実施形態では、歪曲収差の位置補正と、遠近歪みの位置補正とを位置計算でのみ行い、最終的な理想位置( $x1', y1'$ )に基づいて画素値の補間処理を行う。したがって、画素位置の位置補正を繰り返すことに伴う画像劣化を極力抑えることができる。

【0051】〔本実施形態の補正事項〕なお、上述した実施形態では、撮影レンズ12側からレンズ情報として①開口データ、②歪曲収差に関するデータテーブルD

(h)、③撮像時の光軸角度 $\theta$ 、④焦点距離 $f$ 、および⑤被写体距離 $s$ 1を取得している。しかしながら、本発明は、これに限定されるものではない。例えば、電子カメラ11側から撮影レンズ12側に指示したレンズ情報については、撮影レンズ12側から改めて取得する必要は勿論ない。また、電子カメラ11側に姿勢センサなどを搭載することにより、電子カメラ11側で光軸角度 $\theta$ を検出しても勿論かまわない。

【0052】また、上述した実施形態では、電子カメラ11が撮像動作に継続して補正処理を行う場合について説明した。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、撮影可能間隔を極力短縮するために、撮像時には、画像データおよびレンズ情報の記録のみを行ってもよい。この場合、電子カメラ11が、撮像動作の空き時間などを利用して、画像データに補正処理を後から施すことが好ましい。

【0053】なお、上述した実施形態では、画像データごとにレンズ情報の取得や補正係数の計算を行っている。しかしながら、本発明は、これに限定されるものではない。例えば、電子カメラ11やコンピュータ31が、一回使用したレンズ情報や補正係数を記憶しておき、この記憶データを別の画像データの補正処理に再利用してもよい。この場合、2回目以降の補正処理の時間を短縮することが可能になる。

【0054】また、上述した実施形態において、RAWデータ（電子カメラ側で画像処理を殆ど加えず、撮像素子出力のA/D変換直後に近い画像データ）の記録モードを電子カメラ側に設けておくことが好ましい。このRAWデータの記録モードでは、レンズ情報に基づく補正処理を行わずに、レンズ情報をRAWデータの画像ファイルに含めることが好ましい。なお、コンピュータ側（画像処理プログラム側）では、このRAWデータの画像ファイルにレンズ情報が含まれていた場合、このRAWデータ専用の画像処理（色補間処理など）に加えて、レンズ情報に基づく補正処理を追加実施することが好ましい。

【0055】

【発明の効果】《請求項1》請求項1に記載の電子カメラは、撮影レンズの周辺減光に関するレンズ情報に基づいて、画像データの周辺減光を補正する。そのため、レンズ情報に基づいて、画像データに生じる周辺減光の度



合いを求め、適正な周辺減光の補正量を自動的に決定することが可能になる。したがって、ユーザーが補正量を逐一調整する必要が特になく、従来に比べて周辺減光の補正処理に手間がかからない。

【0056】《請求項2》請求項2に記載の電子カメラは、レンズ情報として、撮影レンズに光学的に形成される複数の瞳の位置および径に関する開口データを取得する。電子カメラは、この開口データから撮像面上の光量分布を求める。この撮像面上の光量分布は、撮影レンズの口径蝕およびコサイン4乗則の影響を考慮した正確なデータとなる。電子カメラは、この光量分布をうち消す方向へ画像データの輝度分布を補正する。その結果、周辺減光を更に適正に補正することが可能になる。

【0057】《請求項3》請求項3に記載の電子カメラは、撮影レンズの歪曲収差に関するレンズ情報に基づいて、画像データの歪曲収差を補正する。そのため、レンズ情報に基づいて、画像データに生じる歪曲収差の度合いを求め、適正な歪曲収差の補正量を自動的に決定することが可能になる。したがって、ユーザーが補正量を逐一調整する必要が特になく、従来に比べて歪曲収差の補正処理に手間がかからない。

【0058】《請求項4》請求項4に記載の電子カメラは、レンズ情報として、「撮影レンズの像高 $h$ 」と「理想像点の像高 $h_0$ 」との対応関係を取得する。撮影レンズを透過した被写体光が、像高 $h_0$ に結像すべきところを像高 $h$ に結像するために、樽型、糸巻き型、陣笠などの歪曲収差が生じる。そこで、電子カメラは、この対応関係に基づいて像高 $h$ が像高 $h_0$ に略一致する方向に、画素位置を位置補正する。その結果、歪曲収差を更に適正に補正することが可能になる。

【0059】《請求項5》請求項5に記載の電子カメラは、撮影レンズの遠近歪みに関するレンズ情報に基づいて、画像データの遠近歪みを補正する。そのため、レンズ情報に基づいて、画像データに生じる遠近歪みの度合いを求め、適正な遠近歪みの補正量を自動的に決定することが可能になる。したがって、ユーザーが補正量を逐一調整する必要が特になく、従来に比べて遠近歪みの補正処理に手間がかからない。

【0060】《請求項6》請求項6に記載の電子カメラは、レンズ情報として、撮影時のレンズ光軸の角度を取得する。電子カメラは、この角度から撮像面上に生じる遠近歪みを求める。例えば、この判定から被写体のすばむ画面方向またはすばむ度合いを求めることができる。電子カメラは、この遠近歪みの影響をうち消す方向に、画像データの画素位置を位置補正する。その結果、画像データの遠近歪みが目立たなくなり、遠近歪みを更に適正に補正することが可能になる。

【0061】《請求項7》請求項7に記載の電子カメラは、補正部の補正処理を禁止する操作部材を備える。この操作部材により、ユーザーは、補正部の補正処理を行

うか否かを自在に選択することが可能になる。なお、電子カメラは、補正処理が禁止された場合に、補正処理に使用する予定だったレンズ情報を画像ファイルと一緒に（あるいは画像ファイルに含めて）記憶しておくことが好ましい。この場合、レンズ情報を後から取り出して、画像データに適正な補正処理を施すことが可能になる。

【0062】《請求項8》請求項8に記載の電子カメラは、画像データの補正処理に使用するレンズ情報を画像ファイルに含める。したがって、レンズ情報を後から取り出して、画像データに適正な補正処理を施すことが可能になる。

【0063】《請求項9》請求項9に記載の電子カメラは、撮影レンズが交換される。この場合、電子カメラは、装着中の撮影レンズと情報通信を行って、画像データの補正に使用するレンズ情報を取得する。したがって、撮影レンズが交換されても、電子カメラは、装着中の撮影レンズに適合した補正処理を行うことが可能になる。また、ユーザーも、撮影レンズを交換するたびに、補正処理の補正量を逐一調整するなどの手間が不要になる。

【0064】《請求項10》請求項10に記載の電子カメラは、①周辺減光補正、②歪曲収差補正、倍率色収差補正、③遠近歪み補正の優先順位に従って、補正処理を行う。以下、上記優先順位に従わない場合の不具合について説明する。まず、①の補正前に②③のいずれかの補正を行った場合、画素位置の位置補正によって画面内の周辺減光の円形状が歪んでしまう。そのため、正確な周辺減光補正が困難になる。また、②の補正前に③の補正を行った場合、遠近歪みの補正により、画面内の歪曲収差（または倍率色収差）の形状が複雑に歪んでしまう。そのため、正確な歪曲収差補正（または倍率色収差補正）が困難になる。したがって、①②③の優先順位に従って補正処理を行うことにより、上記不具合を確実に避け、良好な補正効果を得ることが可能になる。なお、歪曲収差補正および倍率色収差補正については、どちらも像高の位置補正であるため、優先順位を設けずに一緒に補正を行うことが好ましい。すなわち、色成分の単位に、実際の像高を理想像高へ位置補正することにより、歪曲収差と倍率色収差を同時に補正することができる。

【0065】《請求項11》請求項11に記載の画像処理プログラムをコンピュータで実行することにより、画像ファイル内に記録されたレンズ情報に基づいて、画像ファイル内の画像データに適正な補正処理を施すことが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】電子カメラ11およびコンピュータ31を示す図である。

【図2】電子カメラ11の動作を説明する流れ図である。

【図3】撮像素子13の撮像面と、複数の瞳との位置関

係を模式的に示す図である。

【図4】方向別感度の角度 $\epsilon$ 、 $\Phi$ の定義を示す図である。

【図5】歪曲収差の見え方とデータテーブルD(h)との関係を示した図である。

【図6】遠近歪みの発生状況を説明する図である。

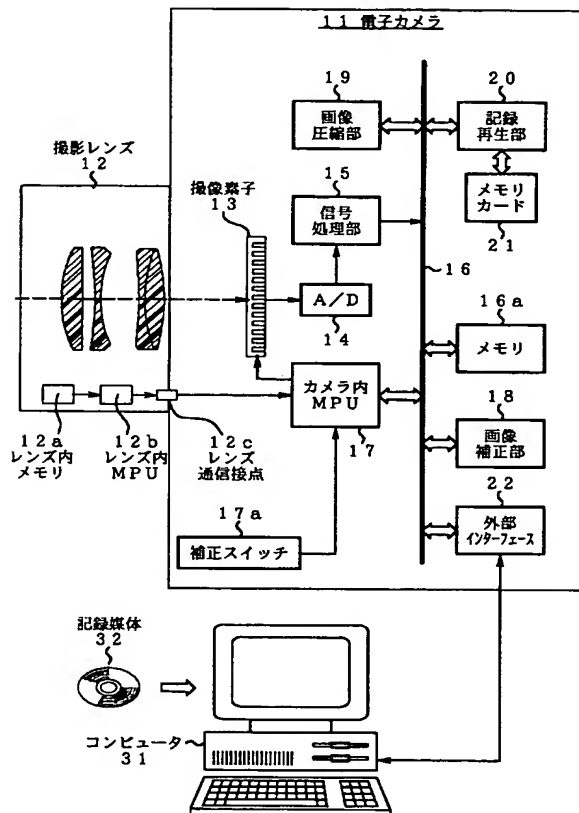
【図7】図6Bの状況を側方から見た図である。

【図8】画像処理プログラムの流れ図である。

【符号の説明】

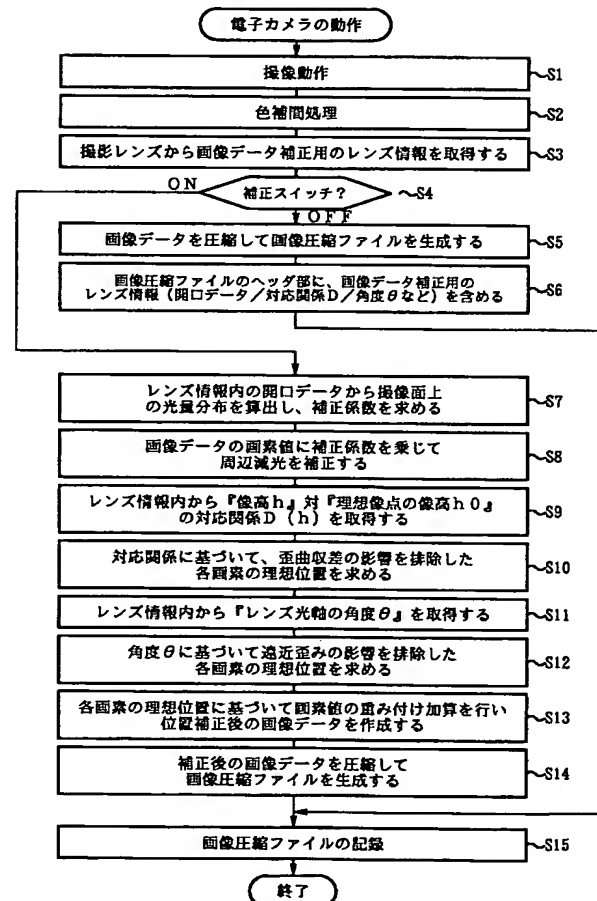
- 11 電子カメラ
- 12 撮影レンズ
- 12a レンズ内メモリ
- 12b レンズ内MPU
- 12c レンズ通信接点

【図1】

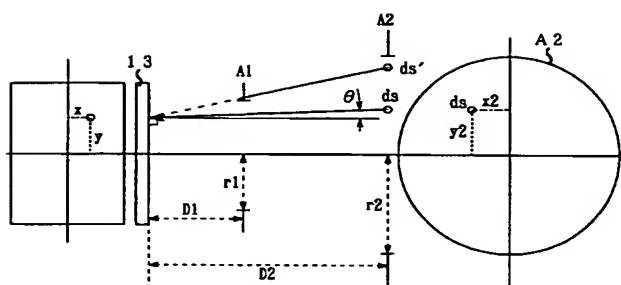


- 13 撮像素子
- 14 A/D変換部
- 15 信号処理部
- 16 バス
- 16a メモリ
- 17 カメラ内MPU
- 17a 補正スイッチ
- 18 画像補正部
- 19 画像圧縮部
- 20 記録再生部
- 21 メモリカード
- 22 外部インターフェース
- 31 コンピュータ
- 32 画像処理プログラムの記録媒体

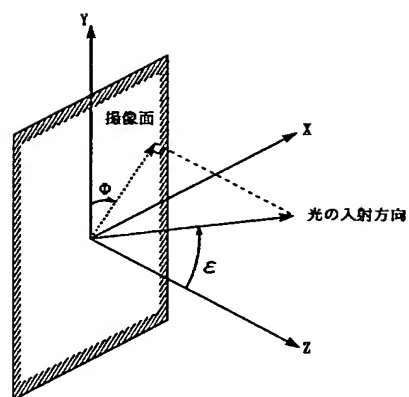
【図2】



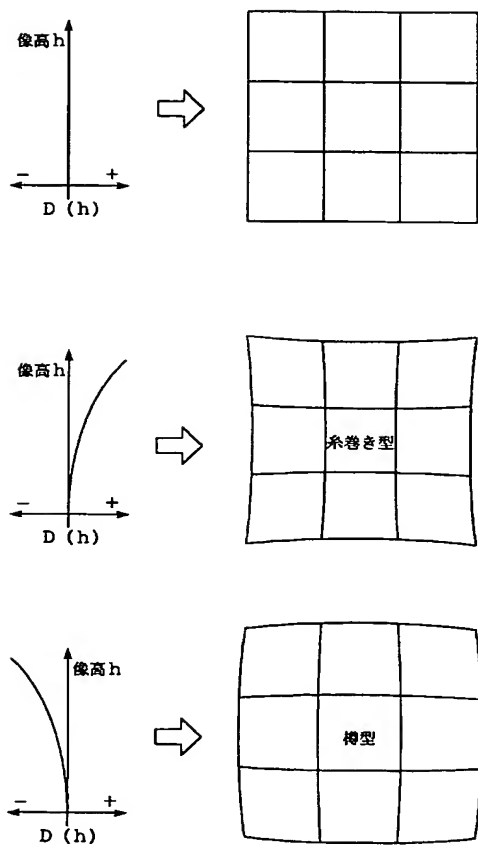
【図 3】



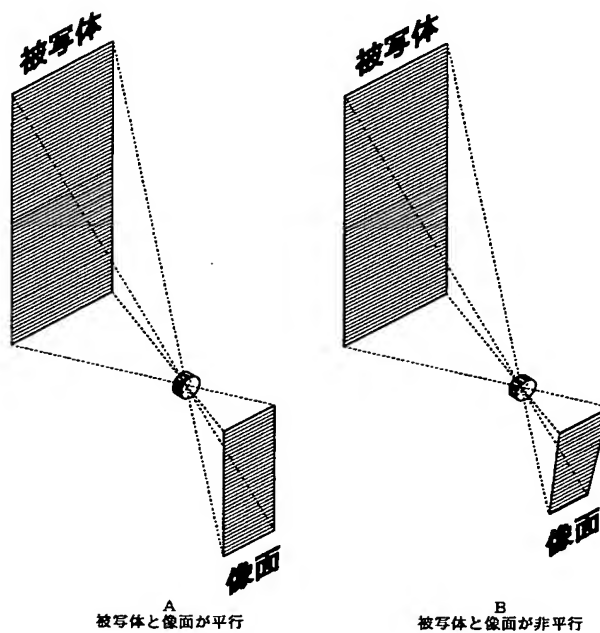
【図 4】



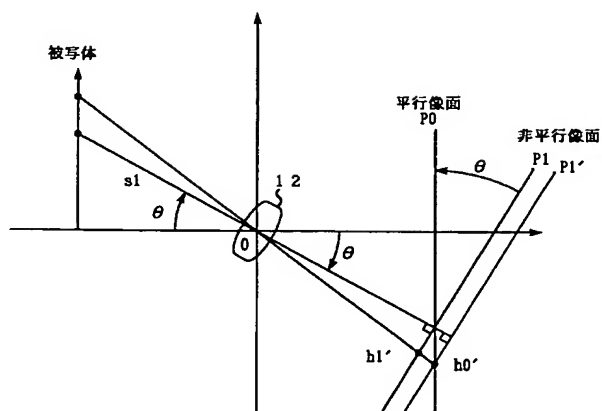
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図8】

